

Є.В. Дорожко

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

## ПЕРЕТВОРЕННЯ ПАПЕРОВОГО КАРТОГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ В ЦИФРОВУ МОДЕЛЬ МІСЦЕВОСТІ

*Розглянуто послідовність перетворення паперового картографічного матеріалу в растрову підложку, з подальшою обробкою та побудовою цифрової моделі ситуації та рельєфу. Наведено функціональні можливості програмних комплексів «Transform» та «Credo ТОПОПЛАН». Роз'яснено методи трансформації растрових зображень, побудови ситуаційних елементів складної форми та засоби редагування цифрової моделі рельєфу.*

**Ключові слова:** картографічний матеріал, растрова підложка, цифрова модель місцевості, рельєф, ситуація, трансформація.

### Постановка проблеми

Питання перетворення паперового картографічного матеріалу в цифрову модель місцевості на сьогоднішній момент досить актуальна з огляду на:

- проблему швидкого псування паперових носіїв при використанні;
- зручність та швидкість передачі картографічного матеріалу в цифровому форматі між користувачами;
- стрімкий розвиток засобів автоматизованого проектування.

Системи автоматизованого проектування дозволяють суттєво збільшити якість та швидкість розробки проектних рішень, спрощують роботу проектувальника. Системи автоматизованого проектування здебільшого вимагають вихідних даних у вигляді цифрових моделей місцевості, наприклад при проектуванні автомобільних доріг та ін.

З часом корпоративні та муніципальні фонди картографічних матеріалів, що знаходяться в паперовому вигляді, зтираються, старіють та перетворюються в непридатний стан. Доволі простий і надійний спосіб врятувати часом безцінні картографічні матеріали – це перетворення їх в цифрові моделі місцевості.

### Аналіз сучасних досліджень і публікацій

При оцифруванні існуючого паперового картографічного матеріалу обов'язковою умовою є збереження наступних даних [1]:

- графічна точність – необхідно забезпечити збереження в растровій карті усіх деталей вихідної паперової карти (якщо паперова карта володіє графічною точністю 0,2 мм то сканування доцільно виконувати з розширенням не менше 500 dpi так, щоб розмір пікселю склав приблизно 0,1 мм;

- загальна інформація – назва ділянки карти та розташованих на її площі населених пунктів, номенклатура і легенда карти та ін;

- структурна інформація – опис зв'язків між різноманітними об'єктами;

- метрична інформація – існуючі системи координат та координати точок ситуації;

- синтаксична інформація – опис зв'язків між точками;

- семантична інформація – характеристики властивостей об'єкта;

Перетворення картографічного матеріалу в цифрову модель місцевості, яка відповідатиме наведеним вимогам, можна виконувати за допомогою сучасних програмних комплексів «Autodesk Civil 3D», «Autodesk Map 3D» «MapInfo», «Pythagoras», «Digitals» «GeoniCS», «Credo» та інші. В подальшому розглянемо послідовність перетворення паперового картографічного матеріалу на цифрову модель місцевості в програмному комплексі Credo з прикладами складної геометрії ситуаційних об'єктів та необхідністю редагування цифрової моделі рельєфу.

### Формулювання мети статті

Метою даної статті є визначення порядку перетворення паперового картографічного матеріалу на цифрову модель місцевості в програмних комплексах «Transform» та «Credo ТОПОПЛАН».

### Виклад основного матеріалу

Основою для побудови цифрової моделі місцевості за існуючим паперовим картографічним матеріалом є растрова підложка, що створюється в результаті сканування паперової карти з подальшою обробкою в програмному комплексі Transform. Даний програмний комплекс дозволяє [2]:

- сканувати різноманітні картографічні докуме-

нти, тому числі документи, розмір яких перевищує розмір сканеру;

- регулювати прозорість окремих фрагментів растрових зображень;

- переміщувати фрагменти відносно один одного;

- виправляти нелінійні викривлення растрового матеріалу, обумовлені деформацією вихідного документа, похибкою сканування та іншими факторами;

- виконувати топографічну прив'язку растрових фрагментів в різних системах координат;

- повертати растрові фрагменти на довільний кут та обрізати їх розміри;

- поєднувати (зшивати) декілька растрових фрагментів в єдине растрове поле, в єдиній системі координат, в результаті трансформації фрагментів;

- експортувати окремі фрагменти або усе растрове поле в програмні комплекси Credo, Mapinfo, Arcview, PHOTOMOD та ін.

Для початку розробки растрового матеріалу необхідно відсканувати існуючий паперовий картографічний матеріал з розширенням не менше 500 dpi, з будь якою глибиною кольору (чорно-білий, монохромний, кольоровий) безпосередньо в програмі Transform, або де інде з розширенням BMP, GIF, TIFF (GeoTIFF), JPEG, JPEG2000, PNG, CRF, ECW, RSW та ін.

Здебільшого розмір існуючих паперових картографічних матеріалів перевищують розміри сканеру, тому картографічний матеріал розбивається на декілька аркушів з подальшим поєднанням. Для поєднання фрагментів необхідно задати опорні точки (точки прив'язки) за якими виконується трансформація та прив'язка растра до системи координат [2]. Опорні точки поділяються на абсолютні та відносні. Абсолютні точки – це точки з відомими координатами (перехрестя координатної сітки, крайні точки рамки, пункти геодезичного обґрунтування та просто характерні точки растру з відомими координатами) [2]. Точки задаються користувачем в встановлений ним системі координат (довгота/широта або плоскі прямокутні координати. Відносні точки – це додаткові точки, для яких не вказуються координати (задаються на кожному з суміжних фрагментів в області перекриття в характерних місцях зображення: на криницях, перетинах ліній, окремих деревах і т.д.). Зазвичай такі точки використовуються для усунення в процесі трансформації випадків, коли не співпадають контури фрагментів. Мінімальна кількість точок для трансформації – дві, максимальна – не обмежена (кількість точок доцільно збільшувати при зменшенні якості від сканованого картографічного матеріалу).

Трансформація відбувається «кусово-лінійним» або «афінним» методами [2-4]. «Кусово-

лінійний» метод дозволяє отримати якісні в метричному відношенні зображення, певною мірою виправляючи такі дефекти як складки паперу, ділянки з нерівномірним масштабом та ін. Одночасно забезпечується прив'язка растрових фрагментів, які оброблюються до прийнятої системи координат [2]. Метод «афінної трансформації» дозволяє отримати якісні результати для викривлених або витягнутих в напрямленні однієї з координатних осей растрів. В напрямку кожної з координатних осей розраховується і використовується свій масштабний коефіцієнт [2].

Кожна опорна точка прив'язки має свій номер і відображується на фрагментах растру, рис. 1.

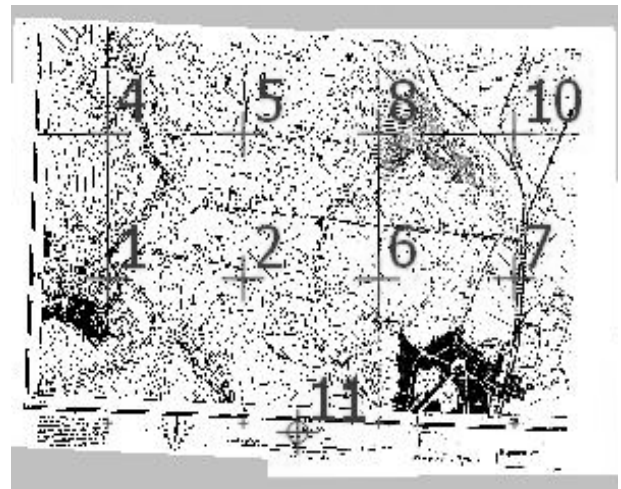


Рис. 1. Приклад відображення створених опорних точок прив'язки

Зберігається зшитий та оброблений растр в форматі \*.bmp з подальшим завантаженням в програмний комплекс Credo, рис. 2.

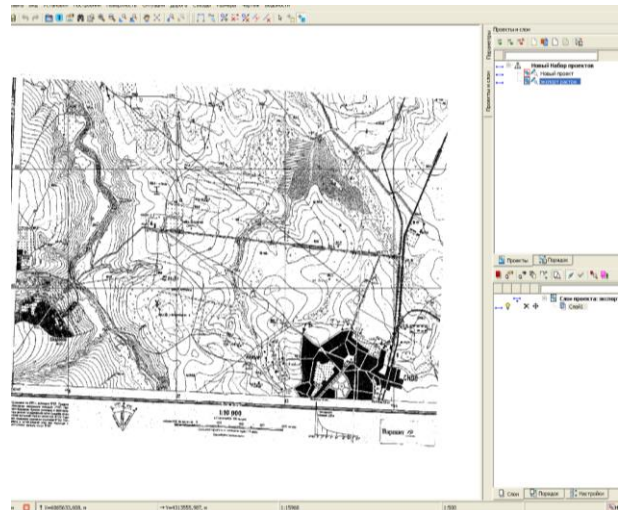


Рис. 2. Завантажена растрова підложка

Перед початком побудови цифрової моделі рельєфу на основі завантаженого растрового матеріалу необхідно вивчити рельєф. Обрати горизонталь, висотна позначка якої нам відома, та збільшити зо-

ображення настільки, щоб з ним було зручно працювати. Послідовно пересуваючись по зображенню горизонталі необхідно обвести її структурною лінією повністю повторивши її зображення на растрі. Даний етап роботи вкрай відповідальний, оскільки від якості його виконання залежить точність отриманої цифрової моделі місцевості. Після завершення побудови структурної лінії по обраній горизонталі необхідно вказати значення висотної позначки даної горизонталі. По завершенні обведення всіх горизонталей з растрової підложки будується безпосередньо цифрова модель рельєфу з попереднім зазначенням параметрів створення поверхні, рис. 3.

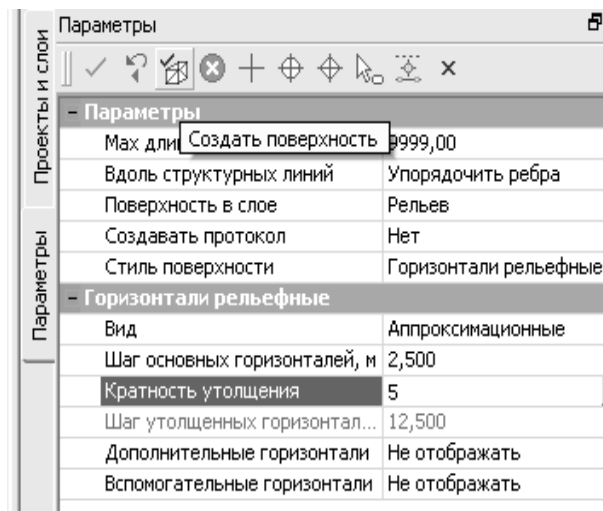


Рис. 3. Параметры построения поверхности

Відображення створеного рельєфу може не співпадати з горизонталями на підложці. Найчастіше, це відбувається внаслідок неправильності визначення висотних відміток точок та горизонталей. Створену поверхню можна змінювати та коригувати командами редагування поверхні, рис. 4.

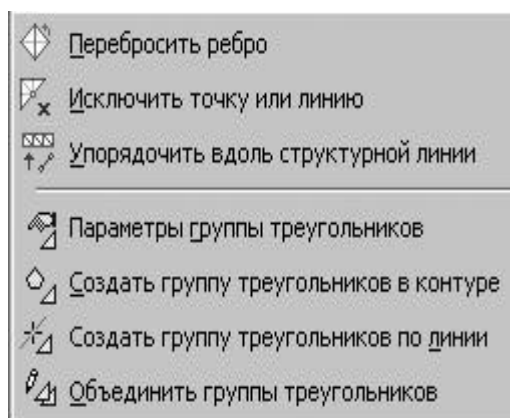


Рис. 4. Команды редактирования поверхности

Наибольш швидко та зручно редагувати цифрову модель місцевості шляхом переміщення ребер триангуляції. Такий метод дозволяє оперативно змінювати розташування горизонталей та досягти необхідного місця їх розташування.

В системі Credo всі дані можна створювати і зберігати в різних проектах і шарах. Цифрову модель ситуації доцільно розміщувати в окремому від цифрової моделі рельєфу проекті. Кожен вид ситуаційних об'єктів може бути розміщений в окремих шарах. Структура шарів може бути лінійна або ієрархічна.

Усі складові цифрової моделі ситуації в програмному комплексі Credo будуються з так званих тематичних об'єктів, що входять до складу спеціального класификатора [5]. Усі елементи ситуації розділені на точкові, лінійні та площинні об'єкти [1, 5, 6].

Для побудови точкового елемента ситуації необхідно вибрати точне місце його розташування та з діалогового вікна класификатора вибрати відповідний тематичний об'єкт з необхідними семантичними властивостями.

Для побудови лінійного елемента ситуації необхідно спочатку побудувати геометрію лінійного умовного знаку, згідно з його розташуванням та формою на растровій підложці, а потім з класификатора обрати необхідні семантичні властивості та підписи до умовного знаку.

Побудова площинних умовних знаків складної форми поділяється на два етапи. Спочатку необхідно побудувати геометричний контур площинного умовного знаку згідно з зображенням на растровій підложці. Після побудови контуру площинного елемента ситуації з класификатора обрати відповідні семантичні властивості та підписи до умовного знаку, рис 5.

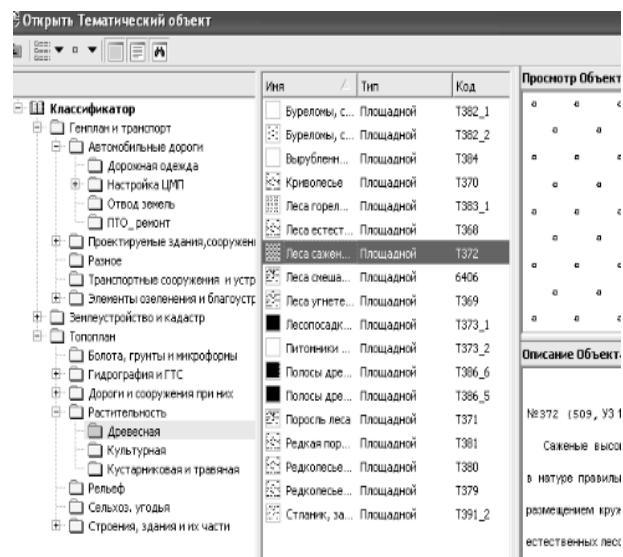


Рис. 5. Выбор семантических свойств площадного элемента ситуации

Приклад результату перетворення паперового картографічного матеріалу в растрову підложку в програмному комплексі Transform з подальшою обробкою та побудовою цифрової моделі місцевості наведено на рис. 6.



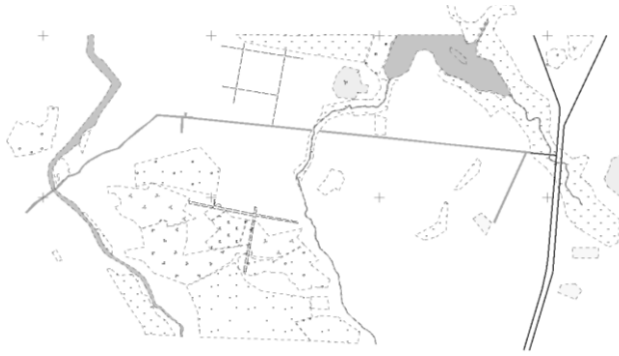


Рис. 6. Побудована цифрова модель місцевості

## Висновки

Розглянуто послідовність перетворення паперового картографічного матеріалу будь-якого розміру в растрову підложку з подальшою обробкою та присвоєнням їй системи координат. Наведено послідовність побудови цифрової моделі рельєфу та ситуації на основі попередньо створеної растрової підложки.

Розглянута послідовність робіт є досить простою та дозволяє врятувати і без старіння і псування зберігати паперові картографічні матеріали. Окрім цього розглянутий підхід дозволяє проектувальникам застосовувати системи автоматизованого проектування при вирішенні будь-яких завдань у випадку наявності вихідних даних у вигляді паперової карти, що дозволить значно спростити складність роботи, зменшити термін її виконання та покращити якість результатів проектування.

## Література

1. Ратушняк, Г.С. *Топографія з основами картографії* [Текст]: навчальний посібник / Г.С. Ратушняк. – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 179 с.

2. Transform 4.0. *Трансформация и координатная привязка растровых и картматериалов. Руководство пользователя* [Текст], Минск 2014.

3. Galda, M., Kujawski, E., Przewlocki, S. (2000). *Geodezja I miernictwo budowlane. Geodezja*, 402.

4. Graham, R., Koh, A. (2002). *Digital Aerial Survey: Theory and Practice. Whittles Publishing*.

5. CREDO ТОПОПЛАН 1.1 *Руководство пользователя для начинающих* [Текст], Минск, 2011.

6. Островський, А.Л. *Геодезія. Частина перша. Топографія* [Текст] / А.Л. Островський, О.І. Мороз, З.Р. Тартачинська, І.Ф. Герасимчук. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2011. – 440 с.

## References

1. Ratushnyak, G.S. (2002). *Topography with the basics of cartography. Vinnitsa: VGTU*.

2. Transform 4.0. (2014). *Transformation and coordinate reference of raster and map materials. User's manual*.

3. Galda, M., Kujawski, E., Przewlocki, S. (2000). *Geodezja I miernictwo budowlane. Geodezja*, 402.

4. Graham, R., Koh, A. (2002). *Digital Aerial Survey: Theory and Practice. Whittles Publishing*.

5. CREDO TOPOPLAN 1.1 (2011). *User's manual for beginners*.

6. Ostrovsky, A.L. Moroz, O.I., Tartachinskaya, Z.R. Gerasimchuk, I.F. (2011) *Geodesy. Part One Topography. Lviv: View of Lviv polytechnics*.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.П. Кожушко, завідувач кафедри мостів, конструкцій та будівельної механіки, Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Україна

**Автор:** ДОРОЖКО Євген Вікторович  
кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

E-mail - evgeniy.dorozhko@gmail.com

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2894-2131>

## CONVERT PAPER CARD IN A DIGITAL TERRAIN MODEL

E. Dorozhko

Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

The sequence of transformation of paper-based cartographic material of any size into raster substrate with further processing and assigning to it the coordinate system is considered. The sequence of construction of the digital model of the relief and the situation on the basis of the preliminary created raster substrate is presented. The methods of transformation of raster images, construction of situational elements of a complex form and means of editing of a digital model of relief are explained. The functional capabilities of the software complexes "Transform" and "Credo TOPOPLAN" are presented.

The presented method of transforming a map into a digital terrain model allows you to save: graphic accuracy (preservation of all the details of the original map), general information (name of the map section and settlements located on its area), structural information (description of the relationship between objects), coordinate systems and properties of all objects.

The basis for constructing a digital terrain model based on existing paper cartographic material is a raster substrate. The raster substrate is created as a result of scanning a paper card with further processing in the software complex Transform. Transform allows you to combine any number of scanned image maps. A digital terrain model is created on the basis of the raster substrate in the Credo software system. Separately, a digital model of relief and a digital model of the situation are being built. All elements of the situation are divided into point, line and plane. To construct a plane element of a situation, it is necessary first to construct the geometric contour of the plane conditional sign in accordance with the image on the raster substrate. After constructing the contour of the plane element of the situation with the classifier, select the appropriate properties and signatures for the conditional mark.

The considered sequence of work is fairly simple and allows you to save and without corruption and corruption store paper cartographic materials. In addition, this approach allows designers to use automated design systems in solving any problems in the case of the availability of raw data in the form of a paper card, which will significantly simplify the complexity of work, reduce the duration of its implementation and improve the quality of design results.

**Keywords:** cartographic material, raster substrate, digital model of terrain, relief, situation, transformation.